



TITLE:

Extreme flood frequency analysis and flood risk curve development considering spatiotemporal rainfall variability(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Tanaka, Tomohiro

CITATION:

Tanaka, Tomohiro. Extreme flood frequency analysis and flood risk curve development considering spatiotemporal rainfall variability. 京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-09-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19975>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	田中 智大
論文題目	Extreme flood frequency analysis and flood risk curve development considering spatiotemporal rainfall variability （降雨の時空間分布を考慮した洪水極値頻度解析と水害リスクカーブ作成手法の開発）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、降雨の時空間分布の影響を考慮して降雨強度データから年最大洪水ピーク流量の確率分布を推定し、水害リスクカーブを導出する手法を開発するとともに開発した手法を実流域に適用して水害リスクを定量的に評価したものであり、9章からなる。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の主題である水害リスクカーブ導出手法を開発する背景を示すとともに、本研究の目的と構成を示している。</p> <p>第2章では、水害リスクカーブの作成に必要な多数回の降雨流出・氾濫シミュレーションを実現する降雨流出・氾濫一体型モデルの開発について述べている。一般に、2次元の氾濫解析モデルは数十メートル程度の空間分解能で計算する必要があるため計算負荷が大きい。一方で、降雨流出モデルは集水域全体を対象とするが氾濫解析よりも粗い空間分解能で河川流量を計算することができるため、計算負荷が小さい。そこで、降雨流出現象と洪水氾濫現象とを異なる空間分解能で計算し、両者を自動的にカップリングする降雨流出・氾濫一体型モデルを開発した。開発したモデルを熊本県の白川流域に適用して、降雨流出・氾濫一体型モデルが高速かつ十分な精度で氾濫現象を表現することを確認した。</p> <p>第3章では、本研究の主題である水害リスクカーブの作成手法を提案している。流域全体の総降雨量が同じであっても、降雨の時空間分布が異なれば浸水被害額は大きく異なる。そこで、降雨の時空間分布の影響を考慮して年最大洪水ピーク流量の確率分布を推定する総合確率法の考え方を拡張し、多数の実績降雨データに対して総降雨量と浸水被害額との関係を計算して年最大浸水被害額の確率分布（水害リスクカーブ）を導出する手法を新たに提案した。この手法を由良川流域に適用し、大野ダムの治水経済効果を水害リスクカーブの違いによって評価するとともに、当ダムによる年間洪水被害軽減額の期待値を算出することに成功した。</p> <p>第4章では、水害リスクカーブの作成で問題となる氾濫計算の計算負荷を軽減するために、水害リスクカーブの簡易作成手法および簡易化が可能となる流域条件を検討している。特に、計算負荷の小さい降雨流出計算の過程で得られる水理量を用いて、浸水被害額を説明する可能性を由良川流域で検討した。その結果、急峻な地形を持ち河道に沿って洪水氾濫域が広がる領域では、降雨パターンによらず流出計算から得られる洪水ピーク流量と浸水被害額と間に一意の関係があることを見出した。次に、この結果を用いて、こうした地形特性を持つ流域での水害リスクカーブを算定し、簡易手法を用いて、十分な精度で水害リスクカーブが得られることを明らかにした。</p> <p>第5章では、水害リスクカーブの作成手法の基礎となる総合確率法を改良し、その妥当性を示している。総合確率法は、流域平均総降雨量と降雨継続時間とが確率的に</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	田中 智大
<p>独立な関係にあることを仮定しており、この仮定に基づく継続時間の異なる降雨の総降雨量が同じ頻度で発生するため、結果的にある再現期間に対応する洪水ピーク流量が過大評価される可能性が指摘されてきた。そこで、両者の関係を考慮することにより合理的な年最大洪水ピーク流量の確率分布を算定する手法を新たに導出することに成功した。導出した手法（改良総合確率法）と従来の総合確率法とを用いて由良川流域の綾部地点での年最大洪水ピーク流量の確率分布を推定し両者を比較した結果、改良総合確率法による確率分布が年最大洪水ピーク流量の確率分布を適切に説明することを示し、新たに導出した手法の有効性を確認した。</p> <p>第6章では、改良総合確率法を拡張して水害リスクカーブを作成する手法を開発し、由良川流域の綾部市周辺に適用している。また、改良した水害リスクカーブ作成手法の計算の過程で、降雨量と継続時間との関連を同時確率分布関数としてコピュラ関数を用いて表現することで、より不確実性の少ない方法で水害リスクカーブを作成することに成功した。また、作成した水害リスクカーブから得られる年平均被災頻度が過去の洪水記録と整合することを示した。</p> <p>第7章および第8章では、第2章から第6章で開発したリスクカーブ作成手法を用いて、都市域が広がる淀川流域の水害リスクを評価している。まず第7章では、大阪市街地の水害リスクに大きく影響する枚方地点の洪水ピーク流量の確率分布を改良総合確率法を用いて推定した。その結果、計画規模を超える洪水では、枚方地点の上流に広がる京都市周辺が氾濫することと関連して枚方地点の洪水ピーク流量が低下し、枚方地点で計画規模を超える洪水ピーク流量の再現期間が従来推定されている値よりも大きな値となることを明らかにした。この分析によって、計画規模を超える洪水を議論する際に上流域の氾濫を含めて、流域全体の一体的な流出・氾濫シミュレーションが重要となることを定量的に示した。</p> <p>第8章では、京都市周辺の水害リスクカーブを作成し、当該地域の水害リスクを評価している。まず、京都市周辺において外水氾濫によって経済的被害が発生する再現期間と再現期間数百年に対応する洪水被害額を定量的に示した。さらに、水害リスクカーブを2次元氾濫計算の計算セルごとに得る手法を開発し、任意の再現期間に対応する被害額の空間分布（浸水被害確率マップ）を作成する手法を提案した。次に、得られた浸水被害確率マップと当該地域の資産分布および標高分布とを比較し、標高が低く比較的高頻度で被災する可能性の地域と資産の空間分布との関連を示すとともに、浸水被害確率マップを用いることにより、低頻度であるが浸水被害額が大きく相対的に水害リスクの高い多い地域を検出することが可能であることがわかった。</p> <p>第9章は結論であり、本論で得られた研究成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、降雨の時空間分布の影響を考慮して降雨強度データから年最大洪水ピーク流量の確率分布を推定し水害リスクカーブを導出する手法を開発するとともに開発した手法を実流域に適用して水害リスクを定量的に評価したものであり、得られた主な研究成果は次のとおりである。

1) 水害リスクカーブの作成に必要な多数の降雨流出・氾濫シミュレーションを効率的に実施するために、降雨流出現象と洪水氾濫現象とを異なる空間分解能で計算して両者を自動的にカップリングする降雨流出・氾濫一体型モデルを開発した。このシミュレーションモデルを実流域に適用し、高速かつ十分な精度で洪水氾濫現象を表現することを確認した。

2) 開発した降雨流出・氾濫一体型モデルを用いて降雨量と浸水被害額との関係を求め、年最大浸水被害額の確率分布（水害リスクカーブ）を導出する手法を新たに提案した。導出した手法を用いて実流域での治水経済効果を評価し、治水施設による年間洪水被害軽減額の期待値を算出することに成功した。

3) 水害リスクカーブの作成手法の基礎となる総合確率法を改良し、流域平均総降雨量と降雨継続時間との結合分布を考慮した新たな年最大洪水ピーク流量推定手法を導出し、より合理的な年最大洪水ピーク流量の確率分布を得ることに成功した。

4) この改良総合確率法を拡張し、さらにコピュラ関数を用いて降雨量と降雨継続時間との結合分布関数を構成することで、水害リスクカーブの推定精度を向上させることに成功した。また、新たな手法で作成した水害リスクカーブから得られる年平均浸水被災頻度が、過去の洪水記録と整合することを示した。さらに、任意の再現期間に対応する被害額の空間分布（浸水被害確率マップ）を作成する手法を新たに開発した。

以上のように、本論文は、降雨の時空間分布の不確かさを考慮した上で年最大洪水ピーク流量の確率分布を推定し水害リスクカーブを導出する手法を開発するとともに、開発した手法を実流域に適用して水害リスクを定量的に評価したものであり、学術上、実際に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年7月27日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。